

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 42 34 043 C 1

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
B 60 T 8/44  
B 60 T 13/52  
B 60 T 8/00

②① Aktenzeichen: P 42 34 043.8-21  
②② Anmeldetag: 9. 10. 92  
④③ Offenlegungstag: —  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 3. 94

DE 42 34 043 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,  
DE

⑦② Erfinder:

Nell, Joachim, Dipl.-Ing., 7302 Ostfildern, DE;  
Steiner, Manfred, Dipl.-Ing., 7057 Winnenden, DE;  
Coermann, Georg, 7000 Stuttgart, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 42 08 496 A1

⑤④ Bremsdruck-Steuereinrichtung für ein Straßenfahrzeug

⑤⑦ Bei einer Bremsdruck-Steuereinrichtung für ein Straßenfahrzeug mit hydraulischer Bremsanlage mit einem pneumatischen Bremskraftverstärker, der mit einer Umschalteneinrichtung versehen ist, die den Bremskraftverstärker auf einen Betrieb mit erhöhtem Verstärkungsfaktor umschaltet, wenn

die Geschwindigkeit  $\dot{v}$  mit der der Fahrer das Bremspedal betätigt, einen Schwellenwert  $\dot{v}_s$  überschreitet, ist ein Reaktionskolben des vom Bremspedal über diesen Reaktionskolben, ein nachgiebiges Reaktionselement sowie den Antriebskolben des Bremskraftverstärkers zum Hauptzylinder führenden axialen Kraftübertragungsstranges zweiteilig ausgebildet, mit einem an dem Reaktionselement axial angreifenden Teilkolben und einem als Ventilelement des Einlaß-Ventils wirkenden Teilkolben, über das die Antriebskammer des Bremskraftverstärkers dem Umgebungsdruck aussetzbar ist. Die beiden Teilkolben haben miteinander in Eingriff stehende, komplementäre Gewinde. Der pedalseitige Teilkolben ist mittels eines Elektromotors im Sinne einer Verkürzung der Gesamtlänge des Reaktionskolbens antreibbar und wird mit dieser Drehrichtung angesteuert, wenn die Betätigungsgeschwindigkeit  $\dot{v}$  des Bremspedals größer ist als der Schwellenwert  $\dot{v}_s$ .

DE 42 34 043 C 1

Die Erfindung betrifft eine Bremsdruck-Steuereinrichtung für ein Straßenfahrzeug mit hydraulischer Mehrkreis-Bremsanlage, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Bremsdruck-Steuereinrichtung bei einer Bremsanlage, bei der zur Erzeugung der in die Radbremsen einzukoppelnden Bremsdrücke ein Hauptzylinder vorgesehen ist, der mittels eines pedalgesteuerten, pneumatischen Bremskraftverstärkers betätigbar ist, ist mit einer auf das Betätigungs-Verhalten des Fahrers ansprechenden Umschalteneinrichtung versehen, die eine selbsttätige Umschaltung des Bremskraftverstärkers von einem für eine Zielbremsung bedarfsgerechten Wert des Verstärkungsfaktors auf einen höheren, für eine Vollbremsung bedarfsgerechten Wert des Verstärkungsfaktors mindestens für den Fall vermittelt, daß die Geschwindigkeit  $\phi$ , mit der der Fahrer das Bremspedal in der einleitenden Phase einer Bremsung betätigt einen Schwellenwert  $\phi_s$  überschreitet. Eine derartige Bremsdruck-Steuereinrichtung ist Gegenstand der, auf eine ältere Anmeldung zurückgehenden DE 42 08 496 C1.

Bei dieser Bremsdruck-Steuereinrichtung ist der Vakuum-Bremskraftverstärker mit einer Magnetventilanordnung versehen, die durch Ansteuerung mit einem elektrischen Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit aus einer Grundstellung, in der ein Steuerkanal des Steuerteils des Bremskraftverstärkers über den ein Druckausgleich zwischen der Unterdruckkammer und der Antriebskammer des Bremskraftverstärkers erfolgen kann, mit der Unterdruckkammer in kommunizierender Verbindung steht, die Antriebskammer jedoch gegen die Außenatmosphäre abgesperrt ist, in eine erregte Funktionsstellung steuerbar ist, in der die Antriebskammer des Bremskraftverstärkers über einen in dieser Funktionsstellung freigegebenen Durchflußpfad der Magnetventilanordnung mit dem Umgebungsdruck beaufschlagt ist, der Steuerkanal jedoch gegen die Unterdruckkammer abgesperrt ist. Die Grundstellung der Magnetventilanordnung ist dem nicht betätigten Zustand der Bremsanlage sowie deren Zielbremsbetrieb zugeordnet. Die Ventilanordnung wird in ihre erregte Stellung umgeschaltet, wenn bei der Betätigung des Bremspedals der Schwellenwert  $\phi_s$  der Betätigungsgeschwindigkeit überschritten wird. Der Steuerkanal des Steuerteils ist über eine flexible Leitung und eine Durchführung des Gehäuses der Unterdruckkammer nach außen geführt. Das Magnetventil ist im Außenraum der Unterdruckkammer angeordnet und verbindet in seiner Grundstellung diese Durchführung mit einer zweiten, in die Unterdruckkammer zurückführenden Durchführung. In der bei Ansteuerung mit einem für das Überschreiten des Schwellenwertes  $\phi_s$  der Betätigungsgeschwindigkeit des Bremspedals charakteristischen Ausgangssignal eingenommenen erregten Funktionsstellung des Magnetventils wird die erste Durchführung gegen die zweite Durchführung abgesperrt und diese dafür mit der Außenatmosphäre verbunden, so daß der Bremskraftverstärker mit maximaler Bremskraftverstärkung arbeitet.

Die insoweit erläuterte Bremsdruck-Steuereinrichtung ist in funktioneller Hinsicht mit dem Nachteil behaftet, daß bei einem Ansprechen der Umschalteneinrichtung die Bremskraft-Erhöhung gleichsam ruckartig erfolgt und für eine Mindest-Ansprechzeit eine Beeinflussung der Bremskraft durch den Fahrer praktisch ausgeschlossen ist, was zumindest den Fahrkomfort bei einer

Bremsung erheblich beeinträchtigen kann. In konstruktiver Hinsicht ist nachteilig, daß das außerhalb des Gehäuses des Bremskraftverstärkers angeordnete Magnetventil erheblichen Bauraum benötigt, der bei der üblichen Anordnung der Verstärker-Hauptzylinder-Einheit im oberen, rückwärtigen Teil des Motorraumes, wo vielfach auch noch die Hydraulik-Einheit eines Antiblockiersystems untergebracht ist, das in Kombination mit der Bremsdruck-Steuereinrichtung erforderlich ist, kaum bereitgestellt werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Bremsdruck-Steuereinrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, daß sie bei verbessertem Ansprechverhalten im Sinne einer besseren Dosierbarkeit der Bremskraft bzw. Fahrzeugverzögerung gleichwohl mit geringem Raumbedarf realisierbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Bremsdruck-Steuereinrichtung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 genannten Merkmale gelöst.

Eine vorteilhafte Eigenschaft der erfindungsgemäßen Bremsdruck-Steuereinrichtung besteht darin, daß bei einem Ansprechen der Umschalteneinrichtung die Bremskraft nicht sprunghaft einen hohen Wert annimmt, sondern mit einem durch die Drehzahl des Elektromotors vorgegebenen Zeitverhalten gleichsam stetig anwächst, wobei die vom Fahrer spürbare Pedalreaktion im wesentlichen darin besteht, daß das Bremspedal mit geringer Kraft betätigt werden kann, bis schließlich der Bremskraftverstärker den Aussteuerpunkt erreicht, daß seine Antriebskammer unter Atmosphärendruck steht und eine weitere Bremsdrucksteigerung, gleichsam ohne Verstärkung, nur noch in Korrelation mit einer Steigerung der Kraft erfolgt, mit der der Fahrer das Bremspedal betätigt. Da die für die Öffnungsbetätigung des Einlaßventils der erfindungsgemäßen Bremsdruck-Steuereinrichtung erforderlichen Kräfte klein sind, kann als Steuermotor ein Motor mit einer Leistungsaufnahme von einigen Watt verwendet werden, der hinreichend klein baut, um mit zur zentralen Achse des Steuerteils parallelem Verlauf seiner Motorwelle in dem pedalseitigen Endabschnitt des Steuerteilgehäuses eingebaut werden zu können, wobei dieser Motor über ein Ritzel kleinen Durchmessers ein mit der Hohlwelle drehfest verbundenes Zahnrad antreibt, dessen Durchmesser zwischen 3- und 8mal größer ist als derjenige des Ritzels, um eine hinreichende Untersetzung der Motordrehzahl zu erreichen.

Sowohl im Hinblick auf eine möglichst raumsparende Bauweise als auch unter dem Gesichtspunkt einer exakten Lagerung der zur Öffnungssteuerung des Einlaßventils vorgesehenen Hohlwelle ist es besonders vorteilhaft, wenn diese auf einem zylindrischen Abschnitt des das Steuerteilgehäuse zentral durchsetzenden Pedalstößels gleitend gelagert ist, wodurch sich eine große "Lagerlänge" erreichen läßt, innerhalb derer Querkräfte, die auf das mit der Hohlwelle verbundene Untersetzungszahnrad wirken, gut abgefangen werden können.

Wenn, wie in bevorzugter Gestaltung der Bremsdruck-Steuereinrichtung das an der Reaktionsscheibe angreifende Reaktionskolbenelement als Gewindekappe ausgebildet ist, deren Gewinde auf einem Abschnitt seiner Länge mit einem als Gewindebolzen ausgebildeten Endabschnitt des drehbaren Reaktionskolbenelements in Eingriff steht und in Kombination hiermit das an der Reaktionsscheibe abstützbare Reaktionskolbenelement an einem bezüglich des Steuerteilgehäuses fest angeordneten Anschlagelement axial abstützbar ist,

nachdem — bei einer Aktivierung der Bremsdruck-Steuer-einrichtung — ein kleiner Anfangsabschnitt des Relativhubes der beiden Reaktionskolbenelemente stattgefunden hat, so kann die Bremsdruck-Steuer-einrichtung auch zu einer selbsttätigen, d. h. ohne Mitwirkung des Fahrers erfolgenden Betätigung der Bremsanlage ausgenutzt werden, z. B. zum Zweck einer Abstandsregelung und/oder einer Antriebs-Schlupf-Regelung und/oder zu einer aus anderen fahrdynamischen Gründen erwünschten Aktivierung einer oder mehrerer Radbremzen des Fahrzeuges:

In besonders zweckmäßiger Gestaltung der Bremsdruck-Steuer-einrichtung ist die das ringscheibenförmige Ventilelement des Steuerteils des Bremskraftverstärkers in Anlage mit dem Sitz des Ausgleichsventils und dem Reaktionskolbenelement des Einlaßventils drängende Ventillfeder, die bei einem üblichen Bremskraftverstärker an einer Ringschulter des Pedalstößels abgestützt ist, an einem radial nach innen ragenden Stützflansch einer in das Steuerteilgehäuse fest eingesetzten Flanschhülse abgestützt, durch welche die drehbare Hohlwelle hindurchtritt, die eine Abstützung der Ventillfeder an dem Pedalstößel verhindert.

Von einer Bremsdruck-Steuer-einrichtung der eingangs genannten Art ausgehend, wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe auch dadurch gelöst, daß das gehäuseseitige Ventilelement des Ausgleichsventils, an dem das ringscheibenförmige Ventilelement mit seinem radial äußeren Bereich abstützbar ist, ein am Steuerteilgehäuse in axialer Richtung druckdicht verschiebbar geführtes, hülsenförmiges Teil umfaßt, das über ein in axialer Richtung sich über einen Längenabschnitt des Hülsenmantels erstreckendes Gewinde mit einem komplementären Gewinde einer in dem rohrförmigen Abschnitt des Steuerteilgehäuses, durch den zentral der Pedalstößel hindurchtritt, diesen in radialem Abstand koaxial umgebenden und gegen den rohrförmigen Abschnitt des Steuergehäuses abgedichteten, drehbar gelagerten Hohlwelle in Eingriff steht, die mittels einer als Betätigungsvorrichtung der Umschalt-einrichtung vorgesehenen Elektromotors mit umkehrbarer Drehrichtung rotatorisch antreibbar, jedoch gegen axiale Verrückungen innerhalb des Steuerteilgehäuses gesichert ist, wobei der Elektromotor im Falle einer mit überhöhter Geschwindigkeit ( $\varphi > \varphi_s$ ) erfolgenden Betätigung des Bremspedals in derjenigen Drehrichtung angesteuert wird, in welcher die aus der Drehung der Hohlwelle resultierende axiale Verrückung des hülsenförmigen Ausgleichsventilelements, an dem das ringscheibenförmige Ventilelement, das auch Ventilelement des Einlaßventils ist, abgestützt ist, zu einem Abheben des ringscheibenförmigen Ventilelements von dem Ventilelement des Reaktionskolbens führt und spätestens bei Beendigung der Bremsenbetätigung der Elektromotor in derjenigen Drehrichtung angesteuert wird, in der die hieraus resultierende axiale Verschiebung des hülsenförmigen Ausgleichsventilelements wieder in die dem sperrenden Zustand des Einlaßventils entsprechende Grundstellung des ringscheibenförmigen Ventilelements zurückführt.

Auch bei dieser Gestaltung der Bremsdruck-Steuer-einrichtung ist sowohl eine Einleitung einer Bremsung mit sehr raschem Bremsdruck-Anstieg möglich, als auch eine selbsttätige Aktivierung der Bremsanlage, wie z. B. für einen Abstands-Regelungs- oder einen Antriebs-Schlupf-Regelungsbetrieb erforderlich.

Wenn der wiederum auf eine günstig kleine Aufnahmeleistung auslegbare Elektromotor in einem pedalsei-

tigen Endabschnitt des Steuerteilgehäuses untergebracht ist und das Untersetzungsverhältnis des durch ein Antriebsritzel des Motors und eine Antriebszahnung der Hohlwelle gebildeten Getriebes zwischen 1/4 und 1/8 beträgt, so ist es besonders vorteilhaft, wenn die Zahnung, mit der das Antriebsritzel des Elektromotors kämmt, als eine am pedalseitigen Endabschnitt der Hohlwelle angeordnete Innenzahnung ausgebildet ist, was eine besonders raumsparende Anordnung des elektrischen Antriebsmotors ermöglicht, der dann größtenteils innerhalb des lichten Querschnittes des rohrförmigen Steuerteilgehäuse-Abschnittes untergebracht werden kann.

Die erforderliche Sicherung des axial verschiebbaren Ventilelements des Ausgleichsventils ist auf einfache Weise mittels eines einen Teil des Durchgangskanals, der die Unterdruckkammer mit dem mit dieser kommunizierenden Ringraum des Steuerteils verbindet, bildenden Röhrchens erzielbar, das von dem Ventilelement ausgeht und in einer den Kanal im übrigen begrenzenden Gehäusebohrung druckdicht verschiebbar ist.

Um das ringscheibenförmige Ventilelement sicher in der für die verschiedenen Ventulfunktionen erforderlichen Position halten zu können, ist dieses Ventilelement in Anlage mit dem axial beweglichen rippenförmigen Ventilelement des Ausgleichsventils des Steuerteils drängende Ventillfeder an einer inneren radialen Stufe einer den Pedalstößel in radialem lichten Abstand koaxial umgebenden Flanschhülse abgestützt, die auch eine äußere radiale Stufe hat, an der die Dichtmanschette axial und über einen die beiden Stufen miteinander verbindenden, mantelförmigen Abschnitt der Flanschhülse radial abgestützt und in dichtender Anlage mit der inneren Mantelfläche der drehbaren Hohlwelle gehalten ist, wobei diese Flanschhülse innerhalb des Steuerteilgehäuses verdrehfest angeordnet ist.

Die diesbezügliche Sicherung der Flanschhülse gegen ein Verdrehen ist auf einfache Weise dadurch erreichbar, daß die Flanschhülse innerhalb eines zu dem ringscheibenförmigen Dichtungselement hinweisenden Mantelabschnittes mit einem Querbolzen versehen ist, der durch ein Langloch des Pedalstößels hindurchtritt, welcher seinerseits durch die Verbindung mit dem Bremspedal unverdrehbar ist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematisch vereinfachte Darstellung einer mit einer Bremsdruck-Steuer-einrichtung ausgerüsteten Bremsanlage eines Straßenfahrzeuges, zur Erläuterung der Funktion der Bremsdruck-Steuer-einrichtung,

Fig. 2 eine abgewandelte Gestaltung der Bremsdruck-Steuer-einrichtung gemäß Fig. 1 und

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer im Rahmen der Bremsanlage gemäß Fig. 1 einsetzbaren Bremsdruck-Steuer-einrichtung, die auch für einen automatischen Bremsbetrieb geeignet ist.

In der Fig. 1, auf deren Einzelheiten zunächst verwiesen sei, ist insgesamt mit 10 eine hydraulische Zweikreis-Bremsanlage eines durch diese repräsentierten, im übrigen nicht dargestellten Straßenfahrzeuges bezeichnet, in die eine Bremsdrucksteuer-einrichtung integriert ist, deren Zweck es ist, aus der Art, wie der Fahrer die Bremsanlage betätigt, zu "erkennen", ob der Fahrer eine mit mäßiger Fahrzeugverzögerung erfolgende Zielbremsung durchführen möchte oder eine Vollbremsung mit möglichst hoher Fahrzeugverzögerung beabsichtigt

und, falls letzteres der Fall ist, die Entfaltung einer möglichst hohen Bremskraft selbsttätig zu steuern, die der Fahrer durch Betätigung der Bremsanlage 10 allein, d. h. ohne erhöhte Hilfskraft, zumindest nicht schnell genug, einsteuern könnte.

Bei der Bremsanlage 10, bei der die Vorderradbremmen 11 und 12 zu einem Vorderachs-Bremskreis I und die Hinterradbremmen 13 und 14 zu einem Hinterachs-Bremskreis II zusammengefaßt sind, umfaßt ein insgesamt mit 16 bezeichnetes, zur Bremsdruckversorgung der Bremskreise I und II vorgesehenes Bremsgerät einen statischen Tandem-Hauptzylinder 17 und einen pneumatischen Bremskraftverstärker 18 und ist mittels eines Bremspedals 19 betätigbar, mittels dessen der Fahrer die bei einer Bremsung seinem Wunsch entsprechende Fahrzeugverzögerung einsteuert.

Der Tandem-Hauptzylinder 17 hat einen dem Vorderachs-Bremskreis I zugeordneten Primär-Ausgangsdruckraum 21 und einen dem Hinterachs-Bremskreis II zugeordneten Sekundär-Ausgangsdruckraum 22, die innerhalb des Gehäuses 24 des Hauptzylinders 17 durch einen Schwimmkolben 23 druckdicht axial-beweglich gegeneinander abgegrenzt sind, wobei die zweite axial bewegliche Begrenzung des Primär-Ausgangsdruckraumes 21 durch einen Primärkolben 26 gebildet ist, an dem über eine Druckstange 27, die mittels des pneumatischen Bremskraftverstärkers 18 verstärkte Betätigungskraft angreift, während die zweite axiale Begrenzung des Sekundär-Ausgangsdruckraumes 22 durch eine Endstirnwand 28 des Hauptzylinder-Gehäuses 24 gebildet ist.

Des weiteren ist vorausgesetzt, daß das Fahrzeug mit einem Anti-Blockiersystem für sich bekannter Bauart und Funktion ausgerüstet ist, das bei einer Bremsung — im Bedarfsfall — eine mit dynamisch-stabilem Verhalten des Fahrzeuges verträgliche Bremsdruck-Regelung vermittelt, die auch zu einer optimalen oder zumindest annähernd optimalen Fahrzeugverzögerung führt.

Dieses Antiblockiersystem ist in der Fig. 1 lediglich durch seine schematisch angedeutete Hydraulikeinheit 29 repräsentiert, welche zwischen die den beiden Bremskreisen I und II zugeordneten Druckausgängen 31 und 32 des Tandem-Hauptzylinders und die Vorderradbremmen 11 und 12 sowie die Hinterradbremmen 13 und 14 geschaltet ist und — nicht dargestellte — elektrisch ansteuerbare Bremsdruck-Regelventile sowie den Bremskreisen I und II zugeordnete Rückförderpumpen umfaßt.

Eine mehr in die Einzelheiten gehende Erläuterung dieses Anti-Blockiersystems 29, das auf eine aus der Technik der Antiblockiersysteme bekannte, beliebige Weise realisiert sein kann, wird nicht als erforderlich angesehen, da in Verbindung mit der im Rahmen der Bremsanlage 10 vorgesehenen Bremsdruck-Steuereinrichtung grundsätzlich jede Art von Anti-Blockiersystemen geeignet ist.

Das bei der Bremsdruck-Steuereinrichtung der Bremsanlage 10 zur Anwendung gelangende Steuerungsprinzip, das den nachfolgend zu erläuternden Ausführungsbeispielen zugrunde liegt, besteht darin, den Verstärkungsgrad A des pneumatischen Bremskraftverstärkers 18, definiert als das Verhältnis  $K_B/K_S$  der über die Druckstange 27 des Bremskraftverstärkers 18 auf den Primärkolben 26 des Tandem-Hauptzylinders 17 ausübenden Betätigungskraft  $K_B$  zu der über den Pedalstößel in den Bremskraftverstärker 18 — im wesentlichen wiederum in axialer Richtung — eingeleiteten Steuerkraft  $K_S$  auf einen gegenüber dem für eine Ziel-

bremsung maßgeblichen Wert  $A_z$  erhöhten Wert  $A_v$  umzuschalten, wenn der Fahrer das Bremspedal 19 sehr schnell betätigt, woraus die Brems-Steuereinrichtung "erkennt", daß der Fahrer eine Vollbremsung einleiten möchte, zumindest eine hohe Fahrzeugverzögerung wünscht. Dadurch soll im Zuge der Bremsung zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt eine weitestmögliche Aussteuerung des Bremskraftverstärkers 18 erzielbar werden und die hieraus resultierende hohe Bremskraft erforderlichenfalls unter Mitwirkung des Anti-Blockiersystems 29 dahingehend begrenzt werden, daß dynamisch stabiles Verzögerungsverhalten des Fahrzeuges gewährleistet bleibt.

Bevor anhand der Fig. 1 bis 3 Einzelheiten von zur Umschaltung auf erhöhte Verstärkungsfaktoren A des Bremskraftverstärkers 18 geeignete Umschalteneinrichtungen erläutert werden, sei zunächst auf dessen Aufbau und Funktion eingegangen, wie — im Prinzip — bei sämtlichen Ausführungsbeispielen vorausgesetzt.

Der pneumatische Bremskraftverstärker 18 ist als — einfach wirkender — pneumatischer Zylinder ausgebildet, der einen eine Antriebskammer 34 gegen eine Unterdruckkammer 36 druckdicht beweglich abgrenzenden Antriebskolben 37 hat, der über die Druckstange 27 axial am Primärkolben 26 des Tandem-Hauptzylinders 18 angreift. Die Unterdruckkammer 36 des Bremskraftverstärkers 18 ist über einen Anschlußstutzen 38 mit dem nicht dargestellten Ansaugstutzen des Fahrzeugmotors verbunden, sodaß, wenn der Fahrzeugmotor in Betrieb ist, in der Unterdruckkammer 36 ein Druck von etwa 0,3 bar herrscht, d. h. ein Druck, der um 0,7 bar niedriger ist als der atmosphärische Umgebungsdruck.

Der radial innere, zentrale Teil des Antriebskolbens 37 ist durch das insgesamt mit 39 bezeichnete im wesentlichen topfförmig gestaltete Gehäuse eines insgesamt mit 41 bezeichneten Steuerteils des Bremskraftverstärkers 18 bildet, das seiner Funktion nach ein Proportionalventil ist, mittels dessen ein zu der Kraft  $K_p$ , mit der der Fahrer das Bremspedal 19 betätigt, proportionaler Druck in die Antriebskammer 34 des Bremskraftverstärkers 18 einkoppelbar ist, wobei der Maximalwert dieses Druckes dem Umgebungsdruck (1 bar) entspricht. Der pneumatische Bremskraftverstärker 18 ist so ausgelegt, daß sein Verstärkungsfaktor einen Wert um 4 hat, d. h. die über die Druckstange 27 auf den Primärkolben 26 des Tandem-Hauptzylinders 17 eingeleitete Betätigungskraft  $K_B$  etwa den vierfachen Betrag der über den Pedalstößel 33 in das Steuerteil 41 eingeleiteten Steuerkraft  $K_S$  hat, welche ihrerseits der mit der Pedalübersetzung multiplizierten Kraft  $K_p$  entspricht, mit der der Fahrer das Bremspedal 19 betätigt.

Das topfförmige Gehäuse 39 des Steuerteils 41 hat einen massiven, blockförmigen Boden 43, von dem, zum Bremspedal 19 hinweisend der Mantelbereich 44 des topfförmigen Gehäuses 39 ausgeht und andererseits, zum Antriebskolben 37 des Bremskraftverstärkers 18 hinweisend einen sich konisch erweiternden Flansch 46, der druckdicht an den inneren Rand des der Grundform nach kreisscheibenförmigen Antriebskolbens 37 anschließt, dessen äußerer Randbereich 47 über eine Rollmembran 48, die im äußersten peripheren Randbereich die Abgrenzung der Unterdruckkammer 36 gegen die Antriebskammer 34 des Bremskraftverstärkers 18 vermittelt, dicht an dessen insgesamt mit 49 bezeichneten Gehäuse anschließt.

Der Tandem-Hauptzylinder 17 ist in koaxialer Anordnung bezüglich der zentralen Längsachse 51 des Bremskraftverstärkers 18 druckdicht an dessen die gehäusefe-

ste Begrenzung der Vakuumkammer 36 bildendes Gehäuseeteil 49' angesetzt und ragt mit seinem rohrförmigen, den Primärkolben 26 aufnehmenden Endabschnitt 24' in die Vakuumkammer 36 des Bremskraftverstärkers 18 hinein.

Das blockförmige Bodenteil 43 des Gehäuses 39 hat eine zentrale Durchgangsbohrung 52, die in eine flachtopfförmig, an der dem Hauptzylinder 17 zugewandten Seite des Steuerteilgehäuses 39 angeordnete Vertiefung 53 des Steuerteilgehäuses 39 mündet, in die ein den größten Teil des Innenraumes dieser topfförmigen Vertiefung ausfüllendes, dickwandig-kreisscheibenförmiges elastisches Reaktionselement 54 eingesetzt ist, das, die vakuumkammer-seitige Mündungsöffnung der Durchgangsbohrung 52 des blockförmigen Bodenteils 43 abdeckend, an der diese Mündungsöffnung umgebenden radialen Ringschulter 53 dieses Bodenteils 43 großflächig anliegt, wobei die Anlagefläche etwa der dreifachen lichten Querschnittsfläche der zentralen Durchgangsbohrung 52 des Bodenteils 43 entspricht.

An dem Reaktionselement 54 ist die zur Einleitung der Betätigungskraft  $K_B$  in das Bremsgerät vorgesehene Druckstange 27 mit einem Flansch 56 abgestützt, dessen Anlagefläche mit der Reaktionsscheibe 54 deren Grundfläche entspricht. Die Druckstange 27 wird auch im nicht betätigten Zustand der Bremsanlage durch die Rückstellfedern des Tandem-Hauptzylinders 17 in Anlage mit der Reaktionsscheibe 54 gehalten und ist durch eine Fesselhülse 57 gegen ein Ausrücken aus der Vertiefung 53 des blockförmigen Bodens 43 des Steuerteilgehäuses 42 gesichert.

In der zentralen Durchgangsbohrung 52 des Steuerteilgehäusebodens 43 ist ein insgesamt mit 58 bezeichneter Reaktionskolben axial verschiebbar geführt, auf den bei einer Betätigung der Bremsanlage 10 über den Pedalstößel 33 die in Richtung des Pfeils 60 angreifende Steuerkraft  $K_S$  wirkt.

Das blockförmige Bodenteil 43 des Steuerteilgehäuses 39 ist mit einer zur Pedalseite hin offenen Ringnut 59 versehen, deren radial äußere Begrenzung durch die Innenseite des rohrförmigen Mantelteils des Steuerteilgehäuses 39 gebildet ist. Die radial innere Begrenzung der Ringnut 59 ist durch eine Ringrippe 61 gebildet, welche auch die radiale Begrenzung einer zylindrisch-topfförmigen Vertiefung 62 des blockförmigen Bodenteils 43 markiert, innerhalb derer zentral die Durchgangsbohrung 52 mündet, in welcher der Reaktionskolben 58 verschiebbar geführt ist.

Innerhalb des in axialer Richtung der Ringrippe 61 benachbarten Bereiches des Mantels 44 des Steuerteilgehäuses 39 ist eine in eine Dichtmanschette 63 eingearbeitete Ringscheibe 64 angeordnet, welche über die Dichtmanschette dicht an den Mantel 44 des Steuerteilgehäuses 39 anschließt und mit radialem Verlauf ihrer Scheibenebene axial beweglich ist und durch eine an einer radialen Ringschulter 65' einer in den Mantelbereich 44 des Steuerteilgehäuses 39 fest eingesetzten, den Pedalstößel 33 in radialem lichtem Abstand koaxial umgebenden Flanschhülse 65 abgestützte Ventulfeder 66 in dichtende Anlage mit der — schmalen — Ringstirnfläche 67 der Ringrippe 61 des blockförmigen Bodenteils 43 des Steuerteil-Gehäuses 39 gedrängt wird.

Der Reaktionskolben 58 ist zweiteilig ausgebildet und umfaßt ein an der Reaktionsscheibe 54 axial abgestütztes, druckstangenseitiges Kolbenteil 58' mit dem der Reaktionskolben 58 in der zentralen Durchgangsbohrung 52 des blockförmigen Bodenteils 43 des Steuerteilgehäuses 39 axial verschiebbar geführt ist und ein pedal-

seitiges Kolbenteil 58'' an dem der mit dem Bremspedal 19 bewegungsgekoppelte Pedalstößel 33 angreift. Diese beiden Teilkolben 58' und 58'' des Reaktionskolbens 58 stehen über komplementär gestaltete Gewinde 70 und 70' in formschlüssigem Eingriff miteinander, der selbsthemmend ist.

Der in einer sacklochförmigen Vertiefung des Kugelpfopf-Ende 33' des Pedalstößels 33 aufnehmende, die topfförmige Vertiefung 62 des blockförmigen Bodenteils 43 durchsetzende pedalseitige Teilkolben 58'' des Reaktionskolbens 58 hat innerhalb dieser Vertiefung 62 einen radialen Endflansch 68, dessen Außendurchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser der durch die Ringrippe 61 begrenzten Vertiefung 62, jedoch größer als der Innendurchmesser der in die Dichtmanschette 63 eingebetteten Ringscheibe 64. Der radiale Endflansch 68 des Reaktionskolbens 58 hat im peripheren Bereich seiner der Ringscheibe 64 zugewandten Stirnfläche eine axial geringfügig vorspringende Ringrippe 69, mit der der Reaktionskolben 58 an einem radial inneren, als Dichtfläche wirkenden Bereich der von der Manschette 63 umschlossenen Ringscheibe 64 abstützbar ist.

Das Steuerteil-Gehäuse 39 ist in einem radial äußeren Bereich seines blockförmigen Bodenteils 43 mit einem die Vakuumkammer 36 mit der Ringnut 59 verbindenden Vakuumkanal 71 versehen. Des weiteren ist das blockförmige Bodenteil 43 mit einem radialen in axialer Richtung langlochförmig ausgebildeten, die Antriebskammer 34 kommunizierend mit der topfförmigen Vertiefung 62 des Bodenteils 43 verbindenden Schlitz 72 versehen, der zusammen mit dem durch die Vertiefung 62 und den Teilkolben 58'' begrenzten Ringraum 73 insgesamt den Atmosphärenkanal 75 bildet, über den, wenn die Ringrippe 69 des pedalseitigen Teilkolbens 58'' des Reaktionskolbens 58 von der Ringscheibe 64 abgehoben ist, Luft aus dem unter Atmosphärendruck stehenden, radial außen durch den pedalseitigen Endabschnitt des Gehäusemantels 44 begrenzten Innenraum 74 des Steuerteils 41 in die Antriebskammer 34 einströmen kann, wodurch diese unter einen gegenüber dem in der Vakuumkammer 36 herrschenden Druck erhöhten Druck  $P_2$  gelangt, durch dessen Wirkung der Antriebskolben 37 und mit diesem die Druckstange 27, des Bremskraftverstärkers 18 eine Verschiebung in Richtung des Pfeils 76 der Fig. 1, d.h. in Bremsdruck-Aufbau-Richtung erfahren.

Der pedalseitige Teilkolben 58'' des Reaktionskolbens 58 ist mit einem Anschlagriegel 77 versehen, der fest mit dem Teilkolben 58'' verbunden ist und in radialer Richtung durch den einen Teil des Atmosphärenkanals 75 bildenden Schlitz 72 hindurchtritt, dessen axialer lichter Durchmesser größer ist als der Durchmesser des Anschlagriegels 77. In axialer Richtung mögliche Relativbewegungen des Reaktionskolbens 58 insgesamt gegenüber dem Gehäuse 39 des Steuerteils 41 sind in der einen Richtung durch Anlage des Anschlagriegels 77 an der dem Reaktionselement 54 zugewandten radialen Begrenzung 78 des radialen Schlitzes 72 begrenzt, in der entgegengesetzten Richtung durch Anlage des Anschlagriegels 77 an der gegenüberliegenden, stoßelseitigen Begrenzung 79 des Schlitzes 72.

Der Anschlagriegel 77 vermittelt auch durch Anlage seines freien Endabschnittes 81, der radial aus dem Schlitz 72 herausragt, an einer Ringschulter 82 des die Antriebskammer 34 des Bremskraftverstärkers 18 gehäusefest begrenzenden Gehäuseteils 49' eine pedalseitige Begrenzung des mit einer Rückzugsbewegung des Bremspedals 19 verknüpften Rückzughubes des Reak-

tionskolbens 58 und markiert durch diese Anschlagposition auch die Grundstellung des Reaktionskolbens 58, die dieser vor dem Einschalten des Fahrzeugmotors sowie — bei laufendem Fahrzeugmotor — vor bzw. am Beginn einer Bremsung einnimmt.

Der druckstangenseitige Teilkolben 58' des Reaktionskolbens 58 ist an dem Reaktionselement 54 über ein Stützelement 83 abgestützt, das einen zum Reaktionselement 54 hin vorspringenden, zentralen Höcker 84 hat, der mit glatter Krümmung an eine radial verlaufende Abstützfläche 86 des Stützelements 83 anschließt, mit der dieses innerhalb der zentralen Bohrung 52, in welcher der Reaktionskolben 58 mit seinem druckstangenseitigen Teilkolben 58' verschiebbar geführt ist, mit dem Reaktionselement 54 in Anlage gelangen kann.

Der insoweit erläuterte und, abgesehen von der zweiteiligen Ausbildung des Reaktionskolbens 58 insoweit auch als bekannt voraussetzbare Bremskraftverstärker 18 arbeitet wie folgt:

Solange der Fahrzeugmotor nicht angelassen ist, stehen sowohl die Vakuumkammer 36 als auch die Antriebskammer 34 des Bremskraftverstärkers 18 unter Atmosphärendruck, und der Antriebskolben 37 des Bremskraftverstärkers wird durch eine Rückstellfeder 87, die sich am Boden des flach-topfförmigen, die Vakuumkammer 36 gehäusefest begrenzenden Gehäuseteils 49' abstützt, in seine mit minimalem Volumen der Antriebskammer 34 verknüpfte Grundstellung gedrängt, die durch Anlage des Bodenteils 43 des Steuerteilgehäuses 39 mit der einen, reaktionselementseitigen Begrenzung 78 der Sackbohrung 72 an dem Anschlagriegel 77 markiert ist, der seinerseits an der Ringschulter 82 des Gehäuseteils 49' axial abgestützt ist, das die gehäusefeste Begrenzung der Antriebskammer 34 bildet und/oder durch Anlage des Antriebskolbens 37 mit Stützvorsprüngen 88, die im peripheren Randbereich 47 des Antriebskolbens angeordnet sind, an dem die Antriebskammer 34 gehäusefest begrenzenden Gehäuseteil 49' markiert ist. In dieser Grundstellung des Antriebskolbens 37 des Bremskraftverstärkers 18, des Gehäuses 39 seines Steuerteils 41 und dessen Reaktionskolben 58 ist die Ringscheibe 64 an der äußeren Ringstirnfläche 67 der Ringrippe 61 abgestützt, jedoch von der Ringrippe 69 des radialen Endflansches 68 des pedalseitigen Teilkolbens 58'' des Reaktionskolbens 58 abgehoben, mit der Folge, daß der unter Atmosphärendruck stehende Innenraum 74 des Gehäuses 39 des Steuerteils 41 über den Atmosphärenkanal 75 mit der Antriebskammer 34 in kommunizierender Verbindung steht, diese jedoch gegen die Vakuumkammer 36 abgesperrt ist. Sobald der Fahrzeugmotor läuft und der Druck in der Vakuumkammer 36 abnimmt, erfährt der Antriebskolben 37, der in der Antriebskammer 34 mit dem Atmosphärendruck beaufschlagt ist, eine auf den Hauptzylinder 17 zu gerichtete Verschiebung, wodurch auch die Ringscheibe 64 eine auf den Reaktionskolben 58 zu gerichtete Verschiebung erfährt, der durch die zunächst noch bestehende, jedoch abnehmende Vorspannung, die durch das Reaktionselement 54 ausgeübt wird, in seiner Grundstellung gehalten bleibt. Durch diese Verschiebung gelangt die Ringscheibe 64 in dichtende Anlage mit der in axialer Richtung vorspringenden Ringrippe 69 des radialen Endflansches 68 des pedalseitigen Teilkolbens 58'' des Reaktionskolbens 58, wodurch die Verbindung des unter Atmosphärendruck stehenden Innenraumes 74 des Steuerteilgehäuses 39 mit der Antriebskammer 34 des Bremskraftverstärkers 18 abgesperrt wird. Da diese bis dahin noch unter Atmosphärendruck steht, er-

folgt eine weitere Verschiebung des Antriebskolbens 37 und mit diesem des Steuerteilgehäuses 39 auf den Hauptzylinder 17 zu, wodurch die äußere Ringrippe 61 des blockförmigen Bodenteils 43 des Steuerteilgehäuses 39 von der Ringscheibe 64 abhebt und nunmehr über den Vakuumkanal 71 und den zwischen der Ringscheibe 64 und der Ringrippe 61 frei gewordenen Spalt sowie den Atmosphärenkanal 75 kommunizierende Verbindung zwischen der Vakuumkammer 36 und der Antriebskammer 34 entsteht, die dadurch ebenfalls unter Unterdruck gelangt, mit der Folge, daß die Rückstellfeder 87 den Antriebskolben 37 wieder zurückdrängen kann, bis die in der Fig. 1 dargestellte Gleichgewichts-Position erreicht ist, in der die Ringscheibe 64 sowohl an der äußeren Ringrippe 61 des blockförmigen Bodenteils 43 des Steuerteilgehäuses 39 als auch an der axial vorspringenden Ringrippe 69 des radialen Endflansches 68 des pedalseitigen Teilkolbens 58'' des Reaktionskolbens 58 dichtend anliegt und dadurch sowohl die Vakuumkammer 36 gegen die Antriebskammer 34 abgesperrt ist als auch diese gegen den unter Atmosphärendruck stehenden Innenraum 74 des Steuerteilgehäuses 39, wobei in dieser Gleichgewichtsposition der in der Antriebskammer 34 herrschende Druck geringfügig größer ist als der in der Vakuumkammer 36 herrschende Druck, der im Betrieb des Motors einen typischen Wert von 0,2 bar hat. Wird die Bremsanlage 10 betätigt, wobei über den Pedalstößel 33 in Richtung des Pfeils 60 die Steuerkraft  $K_s$  auf den Reaktionskolben 58 ausgeübt wird, so erfährt dieser eine zur Reaktionsscheibe 54 hin gerichtete Verschiebung relativ zu dem Steuerteilgehäuse 39, wodurch die axiale Ringrippe 69 des radialen Endflansches 68 des pedalseitigen Teilkolbens 58'' des Reaktionskolbens 58 von der Ringscheibe 64 abhebt, so daß über den hierdurch frei werdenden Ringspalt der unter Atmosphärendruck stehende Innenraum 74 des Steuerteilgehäuses 39 über den Atmosphärenkanal 75 mit der Antriebskammer 34 in kommunizierende Verbindung gelangt und dadurch der Antriebskolben 37 des Bremskraftverstärkers 18 einseitig mit einem erhöhten Druck beaufschlagt wird. Hieraus resultiert zum einen eine Verschiebung der Kolben 26 und 23 des Tandem-Hauptzylinders 17 und damit ein Aufbau eines Bremsdruckes  $P_B$ , der zu einer Reaktionskraft  $K_R$  führt, welche durch die Beziehung

$$K_R = F \cdot P_B$$

gegeben ist, wobei mit  $F$  die wirksame Querschnittsfläche des Primärkolbens 26 des Hauptzylinders 17 bezeichnet ist. Diese Reaktionskraft  $K_R$  ist zu einem überwiegenden Teil über den Flansch 56 der Druckstange 27 und die Reaktionsscheibe 54 an der dem Flansch 56 gegenüberliegenden kreisringförmigen Fläche 89 des Bodens der das scheibenförmige Reaktionselement 54 aufnehmenden flach-topfförmigen Vertiefung 53 abgestützt, während im zentralen Bereich des Reaktionselementes 54 der Reaktionskolben 58 mit der wirksamen Querschnittsfläche  $F_K$  seines druckstangenseitigen Teilkolbens 58' an dem elastischen Reaktionselement 54 axial abgestützt ist, so daß auch auf den Reaktionskolben 58 eine der Steuerkraft  $K_s$  entgegengesetzte gerichtete Reaktionskraft  $K_{sr}$  wirkt, deren Betrag der wirksamen Querschnittsfläche  $F_K$  seines druckstangenseitigen Teilkolbens 58' proportional ist.

Durch die auf den Reaktionskolben 58 insgesamt wirkende Rückstellkraft  $K_{sr}$ , deren Betrag mit zunehmendem Betrag des Bremsdruckes  $P_B$  zunimmt, erfährt der



Reaktionskolben 58 relativ zu dem Steuerteilgehäuse 39 eine Verschiebung in Richtung des Pfeils 91, die die axiale Ringrippe 69 des radialen Endflansches 68 des pedalseitigen Teilkolbens 58' des Reaktionskolbens 58 wieder in Anlage mit der Ringscheibe 64 bringt, wodurch der Atmosphärenkanal 75 wieder gegen den Innenraum 74 des Steuerteilgehäuses 39 abgesperrt wird und der Druck in der Antriebskammer 34 auf dem bis zum Absperren des Atmosphärenkanals 75 erreichten Wert gehalten bleibt.

In der solchermaßen erreichten Position des Reaktionskolbens 58 innerhalb des Gehäuses 39 des Steuerteils 41, in der sowohl das durch die Ringrippe 69 des pedalseitigen Teilkolbens 58' des Reaktionskolbens 58 und die Ringscheibe 64 gebildete Einlaßventil als auch das durch diese Ringscheibe 64 und die Ringrippe 61 des Steuerteilgehäuses 39, 43 gebildete Ausgleichsventil des Steuerteils 41 geschlossen sind, ist Gleichheit der Steuerkraft  $K_s$  und der in der entgegengesetzten Richtung wirkenden Reaktionskraft  $K_{sr}$  gegeben, d.h. eine Gleichgewichtsstellung des Reaktionskolbens 58 und des Antriebskolbens 37 des Bremskraftverstärkers 18, die einem mit der Betätigungs- bzw. Steuerkraft  $K_s$  verknüpften Erwartungswert der Fahrzeugverzögerung, die der Fahrer erreichen möchte, entspricht.

Ein gleichsam "hydrostatisches" Verhalten der aus einem nachgiebigen Elastomer bestehenden Reaktions-scheibe 54 vorausgesetzt, ist der im Gleichgewichtszustand sich ergebende Verstärkungsfaktor A des pneumatischen Bremskraftverstärkers 18 durch die folgende Relation:

$$A = (F_r + F_k) / (F_k)$$

gegeben, in welcher mit  $F_r$  der Betrag der Ringfläche 89 bezeichnet ist, auf der die Reaktionsscheibe 54 am Boden der druckstangenseitigen Vertiefung 53 des Steuerteilgehäuses 39 abgestützt ist und mit  $F_k$  die wirksame Querschnittsfläche des druckstangenseitigen Teilkolbens 58' des Reaktionskolbens 58, mit der dieser im zentralen Bereich der Reaktionsscheibe 54 angreift. Bei dem zur Erläuterung gewählten Ausführungsbeispiel, bei dem der Betrag  $F_r$  der Ringfläche 89 ca. dreimal größer ist als die Querschnittsfläche  $F_k$  des druckstangenseitigen Teilkolbens 58' des Reaktionskolbens, ergibt sich somit für den Verstärkungsfaktor A ein Wert um 4.

Nimmt der Fahrer, ausgehend von einer erwünschten Fahrzeugverzögerung entsprechenden Gleichgewichtsposition des Reaktionskolbens 58 bzw. des Bremspedals 19 die Betätigungskraft zurück, so erfährt der Reaktionskolben 58 — relativ zu dem Steuerteilgehäuse 39 — eine Verschiebung, durch die, von dem Reaktionskolben 58 gleichsam "mitgenommen", die Ringscheibe 64 von der äußeren Ringrippe 61 abhebt, wodurch nunmehr über den frei werdenden Ringspalt die Vakuumkammer 36 über den Vakuumkanal 71, den frei gewordenen Ringspalt und den Atmosphärenkanal 75 mit der Antriebskammer 34 des Bremskraftverstärkers 18 in kommunizierende Verbindung gelangt und diese druckentlastet wird. Dadurch nimmt die auf den Antriebskolben 37 wirkende Kraft ab, der nunmehr so lange der Pedal-Zurücknahmebewegung folgt, bis der Fahrer das Bremspedal 19 in einer erwünschten, niedrigeren Bremskraft entsprechenden Position hält und der Vakuumkanal 71 wieder gegen den Atmosphärenkanal 75 abgesperrt wird, sobald die äußere Ringrippe 61 des Steuerteilgehäuses 39 wieder in Anlage mit

der Ringscheibe 64 gelangt.

Damit der in soweit erläuterte Bremskraftverstärker im Bedarfsfalle, d.h., wenn der Fahrer eine Bremsung mit möglichst hoher Fahrzeugverzögerung erreichen möchte und daher das Bremspedal 19 mit einer Geschwindigkeit betätigt, die größer als ein vorgegebener oder vorgegebbarer Schwellenwert  $\phi_s$  ist selbsttätig auf einen deutlich erhöhten Wert  $A_{max}$  des Verstärkungsfaktors umgeschaltet wird, ist eine insgesamt mit 92 bezeichnete Umschalteneinrichtung vorgesehen, die beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 nach dem Prinzip arbeitet, die zwischen dem Reaktionselement 54, an dem sich der Reaktionskolben 58 mit seinem druckstangenseitigen Teilkolben 58' abstützt, und dem ringscheibenförmigen Ventilelement 64, an dem sich der Reaktionskolben 58 mit seinem pedalseitigen Teilkolben 58' axial abstützt, gemessene effektive Länge des Reaktionskolbens 58 zu verkürzen, sobald die Geschwindigkeit  $\phi$  mit der das Bremspedal 19 beim Einleiten der Bremsung betätigt wird, den genannten Schwellenwert  $\phi_s$  überschreitet. Zur diesbezüglichen Erkennung der Pedal-Betätigungsgeschwindigkeit  $\phi$  ist ein beim dargestellten Ausführungsbeispiel als Winkelgeber ausgebildeter Pedalstellungs-Sensor 93 vorgesehen, der elektrische Ausgangssignale erzeugt, aus deren Auswertung eine lediglich schematisch angedeutete elektronische Steuereinheit 94 "erkennt", wie schnell der Fahrer das Bremspedal 19 betätigt und, wenn der Schwellenwert  $\phi_s$  der Betätigungsgeschwindigkeit überschritten wird, ein Ausgangssignal erzeugt, durch das die Umschalteneinrichtung 92 im Sinne einer "Verkürzung" des Reaktionskolbens 58 mit definierter Geschwindigkeit  $dl/dt$  angesteuert wird, die, je nach Auslegung der elektronischen Steuereinheit, einem festen Wert entsprechen kann, oder auch mit der erfaßten Pedal-Betätigungsgeschwindigkeit  $\phi_s$  korreliert sein, zweckmäßigerweise derart, daß die Geschwindigkeit  $dl/dt$  der Änderung der effektiven Länge des Reaktionskolbens 58 um so größer ist, je größer die Betätigungsgeschwindigkeit des Bremspedals 19 ist.

Die — mit konstanter oder variierender Geschwindigkeit  $dl/dt$  erfolgende — im mathematischen Sinne stetige Verkürzung der effektiven Länge  $l$  des Reaktionskolbens 58 des Steuerteils 41 hat zur Folge, daß eine Öffnung-Betätigung des Einlaß-Ventils 64, 69, über das der unter Atmosphärendruck stehende Innenraum 74 des Steuerteils 41 mit der Antriebskammer 34 des Bremskraftverstärkers 18 in kommunizierende Verbindung bringbar ist, auch dann noch möglich ist, wenn der Fahrer, nachdem die Umschalteneinrichtung 92 angesprochen hat, die Kraft, mit der er das Bremspedal 19 betätigt, lediglich konstant hält; d.h., das Bremspedal 19 so weit niederdrückt, wie es durch die Verkürzung des Reaktionskolbens 58 möglich wird, was einem Betrieb des Bremskraftverstärkers 18 mit zunehmendem Verstärkungsfaktor entspricht.

Hierbei wird die "Verkürzung" des Reaktionskolbens 58 dadurch erreicht, daß dessen pedalseitiger Teilkolben 58' mittels eines durch die elektronische Steuereinheit 94 ansteuerbaren Elektromotors 96, dessen Drehrichtung umkehrbar ist, über ein einfaches, insgesamt mit 97 bezeichnetes Untersetzungsgetriebe zunächst mit demjenigen Drehsinn angetrieben wird, daß die aus dem Gewindeeingriff der beiden Teilkolben 58' und 58' resultierende Relativbewegung derselben zu der genannten Verkürzung des Reaktionskolbens 58 führt.

Der Elektromotor 96 ist mit zur zentralen Achse 51 des Steuerteils 41 parallelem Verlauf der Drehachse 98 seiner Motorwelle 98, deren radialer Abstand von der

zentralen Längsachse 51 des Steuerteils 41 etwa dem halben Durchmesser des rohrförmigen Abschnitts 44 des Steuerteilgehäuses 39 entspricht, innerhalb des pedalseitigen Endabschnittes dieses rohrförmigen Steuergehäuseteils, dessen Bewegungen mit ausführend, fest montiert und treibt über das Untersetzungsgetriebe 97 eine mit dem pedalseitigen Teilkolben 58" des Reaktionskolbens 58 drehfest verbundene, den Pedalstößel 33 koaxial umgebende Hohlwelle 99 an, mit deren pedalseitigem Endabschnitt ein Stirn-Zahnrad 101 drehfest verbunden ist, dessen Durchmesser annähernd dem Innendurchmesser des rohrförmigen Gehäuseabschnitts 44 entspricht und beim dargestellten Ausführungsbeispiel etwa sechsmal größer ist als der Durchmesser des fest mit der Motorwelle 98 des Antriebsmotors 96 verbundenen Antriebsritzels 102, mit dem das Stirnrad 101 der Hohlwelle 99 in kämmendem Eingriff steht.

Die Hohlwelle 99 ist innenseitig gleitend auf einem zylindrischen Mittelabschnitt 33" des Pedalstößels 33 und außenseitig ebenfalls gleitend in einer zentralen Öffnung 103 eines Luftfilters 104 gelagert, das innerhalb des rohrförmigen Abschnitts 44 des Steuerteilgehäuses 39 gleichsam eine luftdurchlässige Zwischenwand bildet, durch die der unter Atmosphärendruck stehende Innenraum 74 des Steuerteilgehäuses 39 gegen den pedalseitigen Endabschnitt desselben abgegrenzt ist, innerhalb dessen der Elektromotor 96 und das Untersetzungsgetriebe 97 angeordnet sind.

Die Hohlwelle 99 ist an einer radialen Stufe 106 des Pedalstößels 33, die innerhalb des pedalnahen, äußeren Endabschnittes des rohrförmigen Gehäuseteils 44 angeordnet ist, axial abgestützt, so daß sie dessen Axialbewegungen, die relativ zu dem Steuerteilgehäuse 39 erfolgen, mit ausführt, wobei durch eine hinreichende axiale Dimensionierung z. B. des Antriebsritzels 102 des Elektromotors 96 sichergestellt ist, daß in jeder Position des Pedalstößels 33 der kämmende Eingriff des Stirnrades 101 mit dem Antriebsritzel 102 erhalten bleibt.

Der druckstangenseitige Teilkolben 58' des Reaktionskolbens 58 ist bei dem in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel als eine Gewindekappe ausgebildet, mit deren Innengewinde 70 ein als Gewindebolzen mit Außengewinde 70' ausgebildeter, axialer Abschnitt des pedalseitigen Teilkolbens 58" des Reaktionskolbens 58 in kämmendem Eingriff steht, wobei die Sicherung des druckstangenseitigen Teilkolbens 58' gegen ein Verdrehen in der zentralen Bohrung 52 des blockförmigen Bodenteils 43 durch Eingriff eines von dem Teilkolben 58' radial abstehenden, nicht dargestellten Zapfens mit einer axialen Innennut des blockförmigen Gehäuseteils 43 realisiert sein kann, die in die zylindrisch-tropfförmige Vertiefung 62 des blockförmigen Gehäuseteils mündet und in einem kleinen axialen Abstand von der die Reaktionsscheibe 54 aufnehmenden Vertiefung 53 des blockförmigen Gehäuseteils 43 endet.

Der mögliche Hub der durch Verdrehen des pedalseitigen Teilkolbens 58" des Reaktionskolbens 58 erzielbaren Relativbewegungen der Teilkolben 58' und 58" entspricht dem maximalen Öffnungshub des durch das ringscheibenförmige Ventilelement 64 und den radialen Endflansch 68 des pedalseitigen Teilkolbens 58 gebildeten Einlaßventils 64, 69, so daß bis zum Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers 18 der höchstmögliche Verstärkungsfaktor  $A_{\max}$  ausnutzbar ist.

Die in der Fig. 2, auf deren Einzelheiten nunmehr verwiesen sei, dargestellte Modifikation der im Rahmen der Bremsanlage 10 gemäß Fig. 1 vorgesehenen Brems-

druck-Steuereinrichtung unterscheidet sich von dieser in baulicher Hinsicht lediglich durch die Gestaltung der beiden Teilkolben 58' und 58" des Reaktionskolbens 58 sowie dadurch, daß der Anschlagriegel 77' als ein innerhalb der topfförmigen Vertiefung 62 mit dem Steuerteilgehäuse 39 fest verbundenes Teil ausgebildet ist, gegenüber dem die Teilkolben 58' und 58" und damit der Reaktionskolben 58 insgesamt axial verschiebbar sind.

Im übrigen, auch soweit in der Fig. 2 nicht eigens dargestellt, ist die in der Fig. 2 dargestellte Variante der Bremsdruck-Steuereinrichtung mit dem in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel in baulicher Hinsicht identisch. Insoweit daher zur Bezeichnung von Elementen der Bremsdruck-Steuereinrichtung gemäß Fig. 2 dieselben Bezugszeichen verwendet sind wie in der Fig. 1 soll dies den Hinweis auf die Baugleichheit und/oder -analogie der jeweils identisch bezeichneten Teile bedeuten und, soweit solche Teile nachfolgend nicht eigens erläutert werden, den Verweis auf die anhand der Fig. 1 gegebene Beschreibung solcher Elemente beinhalten. Dasselbe gilt sinngemäß auch für die anhand der Fig. 3 nachfolgend noch zu erläuternde, weitere Variante einer dem Grundprinzip nach anhand der Fig. 1 erläuterten Bremsdruck-Steuereinrichtung.

Bei dem in der Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel hat der an der Reaktionsscheibe 54 axial abstützbare Teilkolben 58', der mit seinem Innengewinde 70 mit dem Gewinde 70' des bolzenförmigen Endabschnittes des pedalseitigen Teilkolbens 58" des Reaktionskolbens 58 in Eingriff stehend durch dessen rotatorischen Antrieb axial verschiebbar ist, einen radialen Stützflansch 107, der von einer topfförmigen Verlängerung des mit dem Innengewinde 70 versehenen, kappenförmigen Kolbenteils des Teilkolbens 58' ausgeht. In der in der Fig. 2 dargestellten, bei laufendem Fahrzeugmotor dem nicht betätigten Zustand der Bremsanlage entsprechenden Grundstellung der Teilkolben 58' und 58" des Reaktionskolbens 58 ist dieser mit dem radialen Stützflansch 107 des an der Reaktionsscheibe 53 angreifenden Teilkolbens 58' an dem fest mit dem Gehäuse 39 des Steuerteils 41 verbundenen Anschlagriegel 77' axial abgestützt.

Der maximale Öffnungshub  $H$  des Einlaßventils 64, 69, d. h. der Maximalwert des lichten axialen Abstandes, den der radiale Endflansch 68 des pedalseitigen Teilkolbens 58" des Reaktionskolbens 58 von dem durch die Ringscheibe 64 und deren Umkleidung gebildeten Ventilelement einnehmen kann, ist durch den in der dargestellten Grundstellung der Teilkolben 58' und 58" zwischen dem Anschlagriegel 77' und der diesem zugewandten Seite des radialen Endflansches 68 vorhandenen lichten Abstand bestimmt.

Der Maximalbetrag  $\Delta L$ , um den die in der dargestellten Grundstellung gegebene Länge  $L$  des Reaktionskolbens — durch Verdrehen des pedalseitigen Teilkolbens 58" gegenüber dem druckstangenseitigen Teilkolben 58' verringerbar ist, ist durch den in dieser Grundstellung zwischen der Bodenfläche 109 der topfförmigen Verlängerung 108 des druckstangenseitigen Teilkolbens 58' von der dieser gegenüberliegend angeordneten Ringstirnfläche 111 des pedalseitigen Teilkolbens 58" bestimmt, von welcher der als Gewindebolzen ausgebildete Endabschnitt des pedalseitigen Teilkolbens 58" ausgeht. Dieser Maximalbetrag  $\Delta L$  der möglichen Längenänderungen des Reaktionskolbens 58 ist um 10% bis 20% kleiner als der maximale Öffnungshub  $H$  des Einlaßventils 64, 69.

Hinsichtlich des Umschaltens des Bremskraftverstär-

kers auf einen Betrieb mit höherem Verstärkungsfaktor, wenn der Fahrer das Bremspedal 19 mit hoher Geschwindigkeit ( $\varphi > \varphi_s$ ) betätigt, ist die Funktion der Bremsdruck-Steuereinrichtung mit der in der Fig. 2 dargestellten Variante der Gestaltung des Reaktionskolbens 58 dem in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel völlig analog. Die Gestaltungsvariante der Bremsdruck-Steuereinrichtung gemäß Fig. 2 bietet jedoch dadurch, daß der druckstangenseitige Teilkolben 58' des Reaktionskolbens 58 an dem bezüglich des Steuerteilgehäuses feststehenden Anschlagriegel 77' abgestützt ist und daher, wenn die Umschalteneinrichtung 92 aktiviert wird, das Einlaßventil 64, 69 zwangsläufig öffnet, mit der Folge, daß die Antriebskammer 34 des Bremskraftverstärkers 18 mit einem höheren als in der Unterdruckkammer 36 herrschenden Druck beaufschlagt wird, die Möglichkeit einer Bremsen-Betätigung ohne Mitwirkung des Fahrers. Diese Möglichkeit kann unter Mitausnutzung der Hydraulikeinheit 29 des Antiblockiersystems und dessen elektronischer Steuereinheit 112 z. B. zu einer selbsttätigen Abstandsregelung im Kolonnenfahren und/oder zu einer Antriebs-Schlupf-Regelung durch selektive Aktivierung der Radbremse eines zum Durchdrehen neigenden, angetriebenen Fahrzeugrades ausgenutzt werden, wie auch allgemein zur Betätigung einer oder mehrerer Radbremse(n) des Fahrzeuges, um dieses in einem dynamisch stabilen Fahrzustand zu halten.

Das in der Fig. 3, auf deren Einzelheiten nunmehr Bezug genommen sei, dargestellte weitere Ausführungsbeispiel einer Bremsdruck-Steuereinrichtung, die durch das Steuerteil 41 des Bremskraftverstärkers 18 repräsentiert ist, ist der Funktion nach zu dem anhand der Fig. 2 geschilderten Ausführungsbeispiel völlig analog, unterscheidet sich von diesem jedoch durch die Art der Betätigung der Umschalteneinrichtung 92 und dadurch bedingte konstruktive Einzelheiten.

Der Reaktionskolben 58 ist als einstückiges Stahlteil ausgebildet, mit dem der Anschlagriegel 77 fest, zumindest axial verschiebefest verbunden ist. Der Kolben 58 ist in der zentralen Längsbohrung des massiven blockförmigen Bodenteils 43 des Steuerteilgehäuses 39 axial verschiebbar geführt und durch einen kolbenfesten, radialen Zapfen 113, der in eine sich über einen Teil der Länge der zentralen Bohrung 52 erstreckende Nut 114 hineinragt, gegen Verdrehen um die zentrale Längsachse 51 des Steuerteils 41 gesichert. Dargestellt ist wiederum diejenige Grundstellung der Steuereinheit 41 und ihrer Umschalteneinrichtung 92, die — bei laufendem Fahrzeugmotor — dem nicht betätigten Zustand der Bremsanlage 10 entspricht.

Soweit in der Fig. 3 Bezugszeichen verwendet sind, die mit Bezugszeichen identisch sind, mit denen Bau- und funktionselemente der anhand der Fig. 1 und 2 beschriebenen Steuereinheiten belegt sind, die in der nachfolgenden Beschreibung jedoch nicht erwähnt werden, soll dies den Verweis auf die zu den Fig. 1 und 2 gehörenden Beschreibungsteile bedeuten.

Die das gehäusesseitige Ventilelement des Ausgleichsventils bildende Ringrippe 61 ist am radial inneren Rand eines radial nach innen ragenden Ringflansches 116 einer im übrigen zylindrischen Hülse 117 angeordnet, die an dem unmittelbar an das blockförmige Bodenteil 43 des Steuerteilgehäuses 39 anschließenden Abschnitt 44' des Mantelbereichs 44 des Steuerteilgehäuses 39 axial verschiebbar gelagert ist. Die Hülse 117 ist innerhalb des Ringraumes 118 angeordnet, der radial innen durch die

Lichtmanschette 63 begrenzt ist, in die die Ringscheibe 64 eingebettet ist, welche zusammen mit ihrer Umkleidung das ringscheibenförmige Ventilelement 64 sowohl des Ausgleichsventils 61, 64 als auch des Einlaßventils 69, 64 des Steuerteils 41 bildet. Sie ist auch nur innerhalb dieses Ringraumes 118 axial verschiebbar, wobei der maximale Hub  $h_m$  dieser Verschiebung dem maximalen Öffnungshub des Einlaßventils 64, 69 entspricht, soweit dieser allein durch Aktivierung der Umschalteneinrichtung 92 erzielbar ist.

In der dargestellten Grundstellung der Ventilelemente des Steuerteils 41 ist die Hülse 117 mit ihrem radialen Ringflansch 116 unmittelbar an der Ringstirnfläche 119 des blockförmigen Bodenteils 43 des Steuerteilgehäuses 39 abgestützt, von der dessen zylindrischer Mantelbereich 44 ausgeht. In diesen Mantelbereich 44 ist eine dünnwandige Hohlwelle 99' drehbar, axial jedoch unverschiebbar eingesetzt und mittels einer gehäusefesten Ringdichtung 120 gegen den Mantelbereich 44 abgedichtet. Die axial bewegliche Hülse 117 ist an ihrem der Ringstirnfläche 119 des blockförmigen Bodenteils 43 zugewandten Seite mit einem röhrenförmigen Fortsatz 127 versehen, der in den Vakuumkanal 71 des Steuerteilgehäuses 39 hineinragt und gegenüber diesem durch eine gehäusefeste Ringdichtung 128 gleitfähig abgedichtet ist. Durch diesen röhrenförmigen Fortsatz 127 wird die Hülse 117 gegen ein Verdrehen innerhalb des Steuerteilgehäuses 39 gesichert.

Die Flanschhülse 65, die mit ihrer radial inneren Ringschulter 65' das axiale Wiederlager für die das ringscheibenförmige Ventilelement 64 in Anlage mit der Ringrippe 61 des Flansches 116 der Hülse 117 als Ventilsitz des Ausgleichsventils drängende Ventillfeder 66 bildet und mit einer radial äußeren Schulter 128 und mit einem diese mit der radial inneren Ringschulter 65' verbindenden, kurzen zylindrischen Mantelabschnitt 129 einen äußeren Randwulst 131 der Dichtmanschette 63 in gleitend dichtender Anlage mit der inneren Mantelfläche der mittels des Elektromotors 96 rotatorisch antreibbaren Hohlwelle 99' hält, ist durch einen hülsenfesten Querbolzen 132, der durch ein in axialer Richtung ausgedehntes Langloch 133 des Pedalstoßels 33 hindurchtritt, gegen ein Verdrehen innerhalb des Steuerteilgehäuses 39 gesichert.

Einem Betrieb des Bremskraftverstärkers 18 mit erhöhtem Verstärkungsfaktor ist derjenige Drehsinn des Elektromotors 96 zugeordnet, bei dem die zylindrische Hülse 117 durch den Eingriff ihres Gewindes 126 mit dem Innengewinde 124 der Hohlwelle 99' eine zur Antriebsseite hin gerichtete Verschiebung erfährt, durch die das ringscheibenförmige Ventilelement 64 von der Ringrippe 69 des Endflansches 68 des Reaktionskolbens 58 abgehoben und dadurch das Einlaßventil 64, 69 geöffnet wird; über das Luft aus dem unter Atmosphärendruck stehenden Innenraum 74 des Steuerteils 41 in die Antriebskammer 34 des Bremskraftverstärkers 18 überströmen kann. Durch eine derartige Ansteuerung des Elektromotors 96 der Umschalteneinrichtung 92 ist auch dann, wenn der Fahrer das Bremspedal 19 nicht betätigt, eine Aktivierung der Bremsanlage, z. B. zum Zweck einer Abstandsregelung, möglich.

Um einen möglichst raumsparenden Aufbau der Umschalteneinrichtung 92 zu erzielen, kann, wie im rechten unteren Teil der Fig. 3 gestrichelt angedeutet, der freie Endabschnitt 121 der Hohlwelle 99' auch mit einer Innenzahnung versehen sein, an der das Antriebsritzel 102 des Elektromotors 96 angreift, der dann radial weiter ins Innere des Steuerteilgehäuses 39 gerückt werden kann.

Nach Abschluß einer Bremsung und/oder einer Bremsphase, bei der der erhöhte Verstärkungsfaktor des Bremskraftverstärkers 18 ausgenutzt werden soll, wird der Elektromotor 96 in derjenigen Drehrichtung und so lange angesteuert, daß die Hülse 117 wieder in ihre Grundstellung zurückgelangt, in der sie an der Ringstirnfläche 119 des blockförmigen Bodenteils 43 abgestützt ist.

# Patentansprüche

1. Bremsdruck-Steuereinrichtung für ein Straßenfahrzeug mit hydraulischer Mehrkreis-Bremsanlage, bei der zur Erzeugung der in die Radbremsen einzukoppelnden Bremsdrücke ein Hauptzylinder vorgesehen ist, der mittels eines pedalgesteuerten pneumatischen Bremskraftverstärkers betätigbar ist, der mit einer auf das Betätigungs-Verhalten des Fahrers ansprechenden Umschalteneinrichtung versehen ist, die eine selbsttätige Umschaltung des Bremskraftverstärkers von einem für eine Zielbremsung bedarfsgerechten Wert des Verstärkungsfaktors auf einen höheren, für eine Vollbremsung bedarfsgerechten Wert des Verstärkungsfaktors mindestens für den Fall vermittelt, daß die Geschwindigkeit  $\varphi$  mit der der Fahrer das Bremspedal in der einleitenden Phase einer Bremsung betätigt, einen Schwellenwert  $\varphi_s$  überschreitet, wobei
  - a) der Bremskraftverstärker eine an den Ansaugstutzen des Fahrzeugmotors angeschlossene Unterdruckkammer und eine gegenüber dieser durch einen Antriebskolben beweglich begrenzte Antriebskammer hat, die über ein Einlaßventil und ein Ausgleichsventil umfassendes, mittels des Bremspedals betätigbares, insgesamt als proportional wirkendes Steuerteil mit einem höheren als dem in der Unterdruckkammer herrschenden Druck beaufschlagbar ist, der proportional zu der vom Fahrer ausgeübten Stellkraft ist, die über einen Pedalstößel, einen Reaktionskolben, ein nachgiebiges Reaktionselement und eine Druckstange, die in dieser Reihenfolge in mechanischer Reihenschaltung axial aneinander abgestützt sind und den Kraftübertragungsstrang bilden, über den die Betätigungskraft in den Hauptzylinder eingeleitet wird und die aus der Bremsdruckerzeugung resultierende Reaktionskraft auf das Bremspedal zurückwirkt,
  - b) das Einlaßventil durch ein Flanschstück des Reaktionskolbens, das in einer Vertiefung des Steuerteilgehäuses axial verschiebbar angeordnet ist, die mit der Antriebskammer in kommunizierender Verbindung steht, sowie durch ein ringscheibenförmiges, mit einem inneren Randbereich an dem Flanschstück dichtend abstützbares Ventilelement gebildet ist, das über eine Dichtmanschette druckdicht mit der durch einen rohrförmigen Abschnitt des Steuerteilgehäuses gebildeten, radial äußeren Begrenzung eines unter Umgebungsdruck stehenden Raumes verbunden ist, durch den der am Reaktionskolben angreifende Pedalstößel zentral hindurchtritt, und
  - c) das Ausgleichsventil durch einen die Vertiefung, in der der Dichtflansch des Reaktionskolbens axial verschiebbar angeordnet ist, koaxial umgebenden und diese gegen einen äußeren

koaxialen Ringraum, der mit der Unterdruckkammer über einen Gehäusekanal kommunizierend verbunden ist, abgrenzenden Sitz sowie den radial äußeren Bereich des ringscheibenförmigen Ventilelements gebildet ist, das durch eine Ventiltfeder in Anlage mit diesem Sitz gedrängt wird,

gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- A der Reaktionskolben (58) ist zweiteilig ausgebildet und umfaßt einen an der Reaktions-scheibe (54) axial abstützbaren ersten Teilkolben (58'), der an dem die Reaktionsscheibe (54) tragenden Gehäuseteil (43) axial verschiebbar, jedoch unverdrehbar geführt ist, sowie einen zweiten, den Dichtflansch (68) des Einlaßventils (69, 64) bildenden Teilkolben (58''), der drehbar ist, wobei die beiden Teilkolben (58', 58'') über komplementäre, sich in axialer Richtung erstreckende Gewinde (70, 70') miteinander in Eingriff stehen;
  - B die Umschalteneinrichtung (92) umfaßt einen Elektromotor (96) mit umkehrbarer Drehrichtung, mittels dessen der zweite Teilkolben (58'') über ein Untersetzungsgetriebe (97) rotatorisch antreibbar ist, wobei für den Fall, daß der Fahrer am Beginn einer Bremsung das Bremspedal mit hoher Geschwindigkeit ( $\varphi > \varphi_s$ ) betätigt, eine Ansteuerung des Elektromotors (96) in demjenigen Drehsinn erfolgt, daß die rotatorische Relativbewegung der beiden Teilkolben (58', 58'') zu einer Verkürzung des Reaktionskolbens (58) insgesamt führt und spätestens am Ende einer Bremsung eine Ansteuerung des Elektromotors (96) in der entgegengesetzten Drehrichtung erfolgt, bis wieder eine einer maximalen Länge des Reaktionskolbens (58) entsprechende Position seiner Teilkolben (58', 58'') erreicht ist;
  - C der Elektromotor (96) ist in einem pedalseitigen Endabschnitt des Steuerteilgehäuses (39), dessen Bewegungen mit ausführend, angeordnet und über eine den Pedalstößel (33) koaxial umgebende Hohlwelle (99) mit dem drehbaren Teilkolben (58'') antriebsgekoppelt.
2. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (96) mit zur zentralen Achse (51) des Steuerteils (41) parallelem Verlauf seiner Motorwelle (98) angeordnet ist und über ein Ritzel (102) kleinen Durchmessers ein mit der Hohlwelle (99) drehfest verbundenes Zahnrad (101) antreibt, dessen Durchmesser einen Wert zwischen dem Dreifachen und dem Achtfachen des Ritzeldurchmessers hat.
  3. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlwelle (99) auf einem zylindrischen Abschnitt (33'') des Pedalstößels (33) gleitend gelagert ist.
  4. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der an der Reaktionsscheibe (54) axial angreifende Teilkolben (58') des Reaktionskolbens (58) als Gewindekappe ausgebildet ist, deren Gewinde (70) auf einem Abschnitt seiner Länge mit einem als Gewindebolzen ausgebildeten Endabschnitt des drehbaren Teilkolbens (58'') des Reaktionskolbens (58) in Eingriff steht.
  5. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß

der an der Reaktionsscheibe (54) abstützbare, axial verschiebbare Teilkolben (58') des Reaktionskolbens (58) an einem bezüglich des Steuerteilgehäuses (39) fest angeordneten Anschlagelement axial abstützbar ist.

6. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine das ringscheibenförmige Ventilelement (64) in Anlage mit dem Sitz des Ausgleichsventils (61, 64) und dem Teilkolben (58'') des Einlaßventils (69, 64) drängende Ventillfeder (66) an einem radial nach innen ragenden Stützflansch einer in das Steuerteilgehäuse (39) fest eingesetzten Flanschhülse (65) abgestützt ist.

7. Bremsdruck-Steuereinrichtung für ein Straßenfahrzeug mit hydraulischer Mehrkreis-Bremsanlage, bei der zur Erzeugung der in die Radbremsen einzukoppelnden Bremsdrücke ein Hauptzylinder vorgesehen ist, der mittels eines pedalgesteuerten pneumatischen Bremskraftverstärkers betätigbar ist, der mit einer auf das Betätigungs-Verhalten des Fahrers ansprechenden Umschalteneinrichtung versehen ist, die eine selbsttätige Umschaltung des Bremskraftverstärkers von einem für eine Zielbremsung bedarfsgerechten Wert des Verstärkungsfaktors auf einen höheren, für eine Vollbremsung bedarfsgerechten Wert des Verstärkungsfaktors mindestens für den Fall vermittelt, daß die Geschwindigkeit  $\phi$  mit der der Fahrer das Bremspedal in der einleitenden Phase einer Bremsung betätigt, einen Schwellenwert  $\phi_s$  überschreitet, wobei

a) der Bremskraftverstärker eine an den Ansaugstutzen des Fahrzeugmotors angeschlossene Unterdruckkammer und eine gegenüber dieser durch einen Antriebskolben beweglich begrenzte Antriebskammer hat, die über ein ein Einlaßventil und ein Ausgleichsventil umfassendes, mittels des Bremspedals betätigbares, insgesamt als proportional wirkendes Steuerteil mit einem höheren als dem in der Unterdruckkammer herrschenden Druck beaufschlagbar ist, der proportional zu der vom Fahrer ausgeübten Stellkraft ist, die über einen Pedalstößel, einen Reaktionskolben, ein nachgiebiges Reaktionselement und eine Druckstange, die in dieser Reihenfolge in mechanischer Reihenschaltung axial aneinander abgestützt sind und den Kraftübertragungsstrang bilden, über den die Betätigungskraft in den Hauptzylinder eingeleitet wird und die aus der Bremsdruckerzeugung resultierende Reaktionskraft auf das Bremspedal zurückwirkt,

b) das Einlaßventil durch ein Flanschstück des Reaktionskolbens, das in einer Vertiefung des Steuerteilgehäuses axial verschiebbar angeordnet ist, die mit der Antriebskammer in kommunizierender Verbindung steht, sowie durch ein ringscheibenförmiges, mit einem inneren Randbereich an dem Flanschstück dichtend abstützbares Ventilelement gebildet ist, das über eine Dichtmanschette druckdicht mit der durch einen rohrförmigen Abschnitt des Steuerteilgehäuses gebildeten, radial äußeren Begrenzung eines unter Umgebungsdruck stehenden Raumes verbunden ist, durch den der am Reaktionskolben angreifende Pedalstößel zentral hindurchtritt und

c) das Ausgleichsventil durch einen die Vertie-

fung, in der der Dichtflansch des Reaktionskolbens axial verschiebbar angeordnet ist, koaxial umgebenden und diese gegen einen äußeren koaxialen Ringraum, der mit der Unterdruckkammer über einen Gehäusekanal kommunizierend verbunden ist, abgrenzenden Sitz sowie den radial äußeren Bereich des ringscheibenförmigen Ventilelements gebildet ist, das durch eine Ventillfeder in Anlage mit diesem Sitz gedrängt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das gehäuseseitige Ventilelement (61) des Ausgleichsventils (61, 64), an dem das ringscheibenförmige Ventilelement (64) mit seinem radial äußeren Bereich abstützbar ist, ein am Steuerteilgehäuse (39) in axialer Richtung druckdicht verschiebbar geführtes, hülsenförmiges Teil (117) umfaßt, daß über ein in axialer Richtung sich über einen Längenabschnitt des Hülsenmantels erstreckendes Gewinde (126) mit einem komplementären Gewinde (124) einer in den rohrförmigen Abschnitt (44) des Steuerteilgehäuses (39), durch den zentral der Pedalstößel (33) hindurchtritt, diesen in radialem Abstand koaxial umgebenden und gegen den rohrförmigen Abschnitt (44) des Steuerteilgehäuses (39) abgedichteten, drehbar gelagerten Hohlwelle (99') in Eingriff steht, die mittels eines als Betätigungseinrichtung der Umschalteneinrichtung (92) vorgesehenen Elektromotors (96) mit umkehrbarer Drehrichtung rotatorisch antreibbar, jedoch gegen axiale Ver-rückungen innerhalb des Steuerteilgehäuses (39) gesichert ist, wobei der Elektromotor (96) im Falle einer mit überhöhter Geschwindigkeit ( $\phi > \phi_s$ ) erfolgenden Betätigung des Bremspedals (19) in derjenigen Drehrichtung angesteuert wird, in welcher die aus der Drehung der Hohlwelle (99') resultierende axiale Ver-rückung des hülsenförmigen Ausgleichsventilelements (117), an dem das ringscheibenförmige Ventilelement (64), das auch Ventilelement des Einlaßventils (64, 69) ist, abgestützt ist, zu einem Abheben des ringscheibenförmigen Ventilelements (64) von dem Ventilelement (69) des Reaktionskolbens (58) führt und spätestens bei Beendigung der Bremsenbestätigung der Elektromotor (96) in derjenigen Drehrichtung angesteuert wird, in der die hieraus resultierende axiale Verschiebung des hülsenförmigen Ausgleichsventilelements (117) wieder in die dem sperrenden Zustand des Einlaßventils (64, 69) entsprechende Grundstellung des ringscheibenförmigen Ventilelements (64) zurückführt.

8. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zum rotatorischen Antrieb der Hohlwelle (99') vorgesehene Elektromotor (96) an einer pedalseitigen Verlängerung des Steuerteilgehäuses (39, 44) montiert ist.

9. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsritzel (102) des Elektromotors (96) einen deutlich kleineren Durchmesser als die mit diesem Ritzel (102) kämmende Zahnung (121) der Hohlwelle (99) hat und zu deren Durchmesser in einem Verhältnis zwischen 1/8 und 1/4 steht.

10. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnung, mit

der das Antriebsritzel (102) des Elektromotors (96) der Umschalteneinrichtung (92) kämmt, als eine am pedalseitigen Endabschnitt (121) der Hohlwelle (99') angeordnete Innenzahnung ausgebildet ist.

11. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das axial verschiebbare Ventilelement (117) des Ausgleichsventils (61, 64) mittels eines einen Teil des Durchgangskanals (71), der die Unterdruckkammer (36) des Bremskraftverstärkers (18) mit dem mit dieser kommunizierenden Ringraum (118) des Steuerteils (41) verbindet, bildenden Röhrchens (127), das von dem Ventilelement (117) ausgeht und in einer den Durchgangskanal (71) im übrigen begrenzenden Gehäusebohrung druckdicht verschiebbar ist, gegen Verdrehen gesichert ist.

12. Bremsdruck-Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine das ringscheibenförmige Ventilelement (64) in Anlage mit dem axial beweglichen, rippenförmigen Ventilelement (69) des Ausgleichsventils (61, 64) des Steuerteils (41) drängende Ventilsfeder (66) an einer inneren radialen Stufe (65') einer den Pedalstößel (33) in radialem lichtem Abstand coaxial umgebende Flanschhülse (65) abgestützt ist, die auch eine äußere radiale Stufe (128) hat, an der eine Dichtmanschette (63) axial und über eine die beiden radialen Stufen (65' und 128) miteinander verbindendem mantelförmigem Abschnitt (129) der Flanschhülse (65) radial abgestützt und in dichten Anlage mit der inneren Mantelfläche der drehbaren Hohlwelle (99') gehalten ist, und daß die Flanschhülse (65) innerhalb des Steuerteilgehäuses (39) gegen ein Verdrehen um die Längsachse (51) des Steuerteils (41) gesichert ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

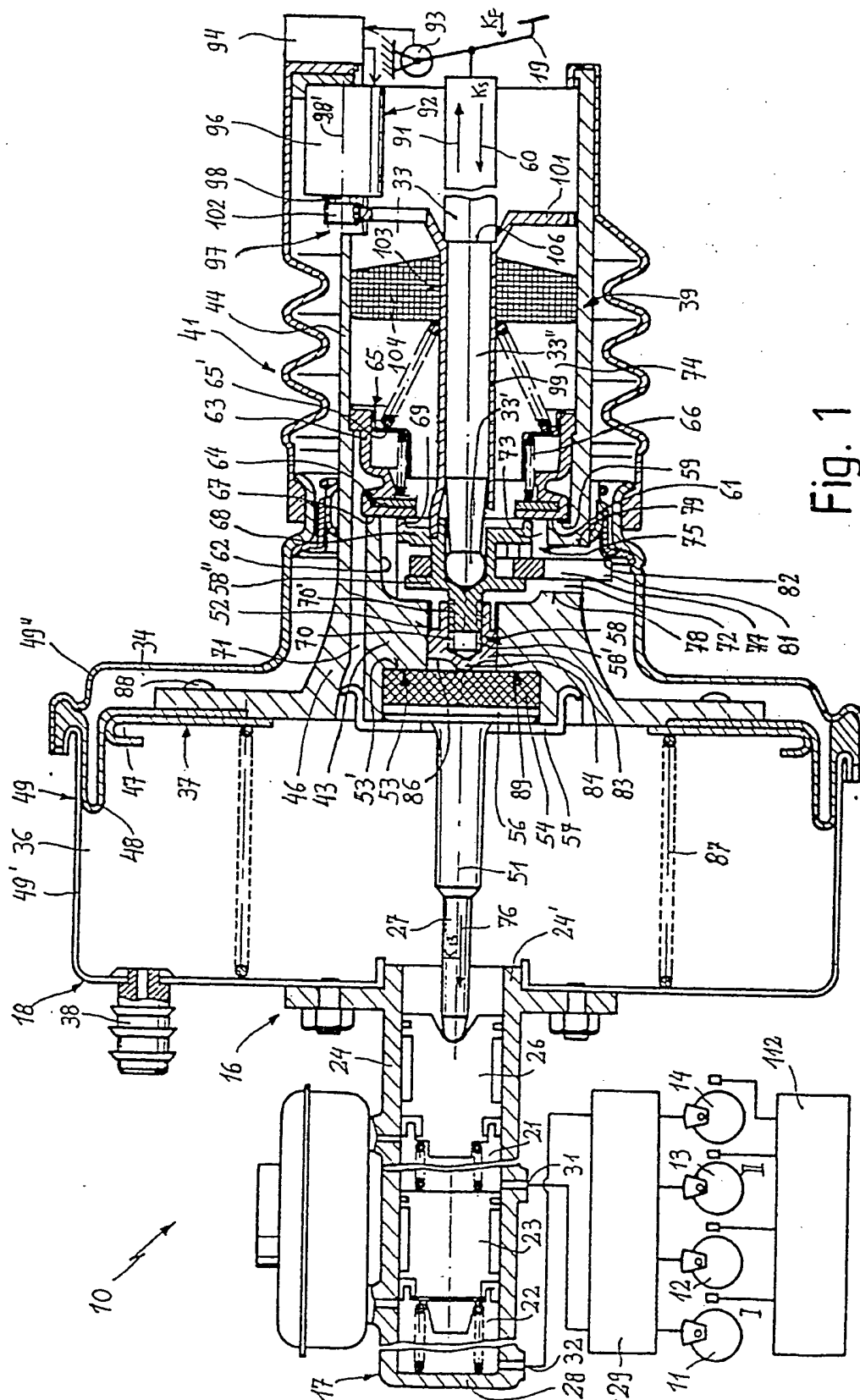


Fig. 1



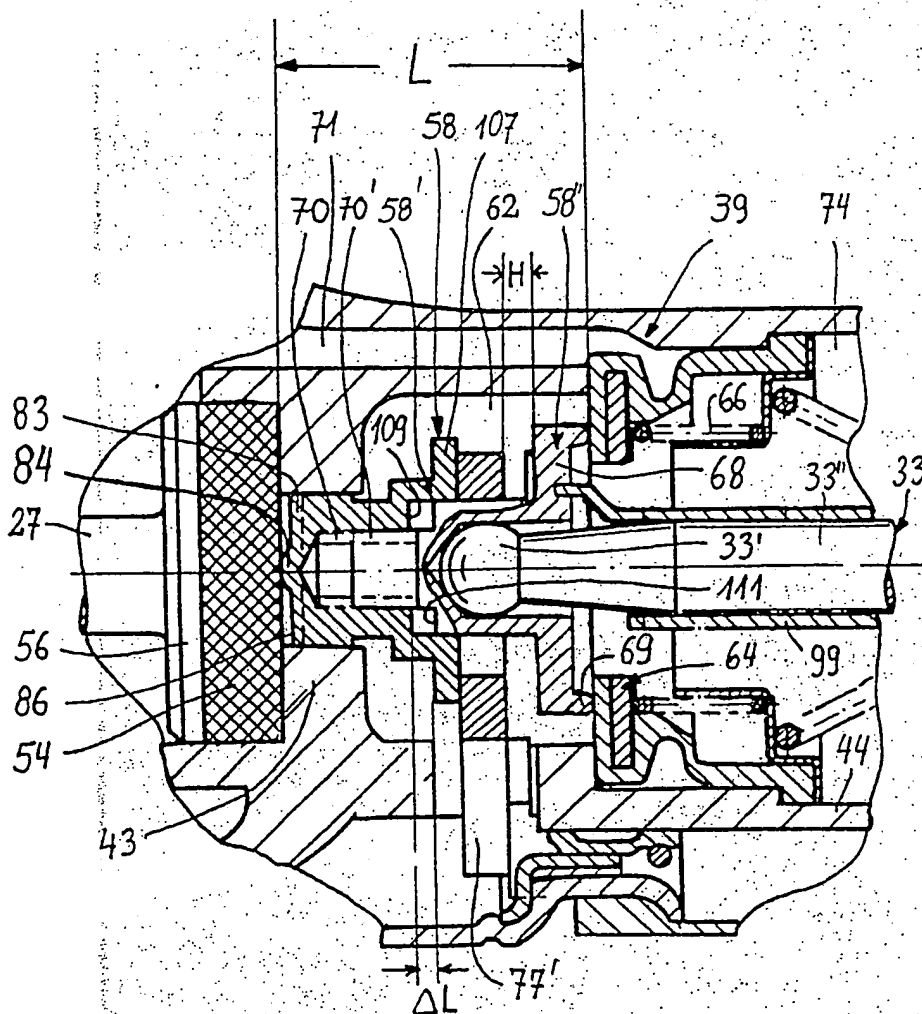


Fig. 2

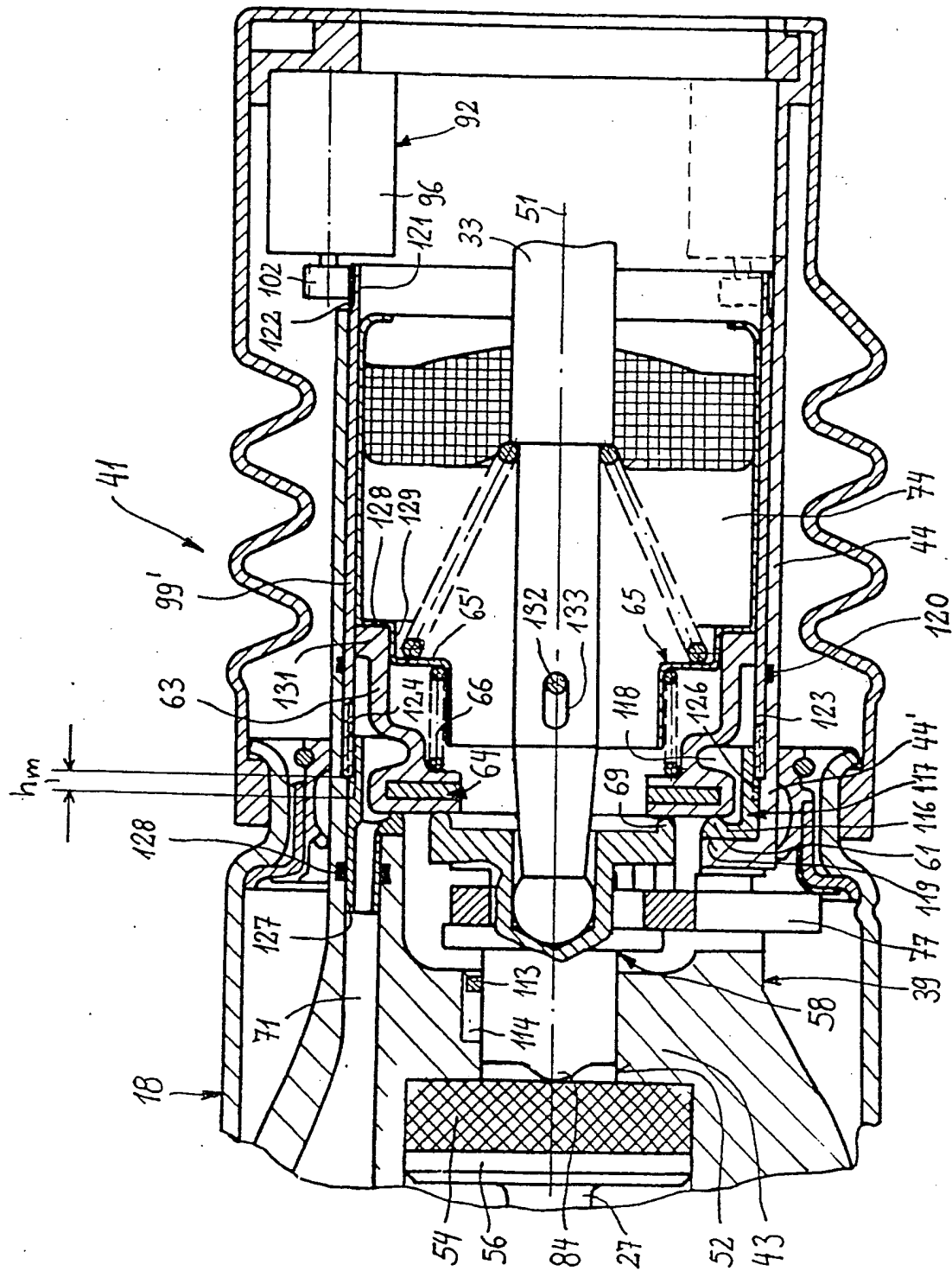


Fig. 3